

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

к.т.н. ХАНДУРИНА АНДРЕЯ ВЛАДИМИРОВИЧА

на диссертационную работу

АРЖАНУХИНОЙ ДАРЬИ СЕРГЕЕВНЫ

«Радиофизические системы с динамикой, описываемой отображениями на торе»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.03 – «Радиофизика»

Современные беспроводные телекоммуникационные технологии используют сложные широкополосные (или сверхширокополосные) сигналы. Актуальность исследования и разработки новых типов широкополосных сигналов вызвана тем, что с их помощью можно решить проблемы электромагнитного влияния одного радиотехнического устройства на другое; повысить помехоустойчивость передачи информационных сообщений; увеличить скрытность и защищенность каналов связи; разработать новые методы модуляции-демодуляции сообщений.

В последние годы проявляется большой интерес к использованию широкополосных сигналов на основе динамического хаоса для передачи информации. На сегодняшний день перспективность применения хаотических сигналов в радиотехнических системах не вызывает сомнений, однако проблема выбора наиболее подходящего вида этих сигналов остается по-прежнему нерешенной. В ряде зарубежных и отечественных работ было показано, что техническая реализация системы связи на основе хаотических сигналов «классического типа» затруднительна. Причина тому – высокая чувствительность структуры колебаний к изменению параметров автогенератора, невозможность организации хаотической синхронизации при высоком уровне шумов в канале передачи информации, что приводит к нереализуемости корреляционного приема.

Характеристики динамического хаоса гиперболического типа оказываются нечувствительными к вариации параметров исходной динамической системы. Поэтому техническая реализация автогенераторов хаотических колебаний такого типа имеет важное значение для таких областей радиотехники как передача информации и радиолокация. Трудности аналитического исследования этих вопросов, особенно вопросов исследования динамического хаоса, привели к заметному расширению применения методов компьютерного моделирования в таких исследованиях. Работа Д. С. Аржанухиной посвящена именно построению физически реализуемых динамических систем с возможностью работы в режиме структурно устойчивого гиперболического хаоса и актуальность такого исследования не вызывает никаких сомнений. Тема работы, ее содержание и результаты вполне соответствуют специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Обратимся к содержанию работы. Кроме введения и заключения работа содержит четыре главы. Первая глава посвящена разработке теоретического подхода к созданию новой динамической системы с дискретным временем (отображения) с гиперболическим хаотическим аттрактором из хорошо известного консервативного отображения «кот Арнольда». Также проводится поиск диапазона изменения параметров отображения, в котором реализуется гиперболический аттрактор. Научные положения первой главы обоснованы использованием для анализа общепринятых методик построения карт динамических режимов, карт старшего показателя Ляпунова, графиков бифуркационных диаграмм и графиков зависимостей

показателей Ляпунова от ведущего параметра. Результаты первой главы являются предварительными, они активно используются в последующих разделах диссертации.

Вторая глава занимает центральное место в работе. Здесь проводится построение динамической системы в непрерывном времени с гиперболическим DA-аттрактором, которая представляет наибольший интерес с точки зрения технической реализации. Применяется один из возможных подходов к построению физических систем с гиперболическим аттрактором – использование связанных осцилляторов с попеременным возбуждением. В качестве модели динамической системы с хаотическим аттрактором выбрана система трех связанных осцилляторов Ван дер Поля. Результаты исследования модели с помощью методов укороченных уравнений, построения фазовых портретов системы, нахождения временных реализаций и построения графиков показателей Ляпунова подтверждают то, что динамика фаз осцилляторов соответствует хаотическому аттрактору. Предложенная модель в заключительной части второй главы используется для построения динамической системы с гиперболическим DA-аттрактором. Проводится численный анализ динамики новой системы, подтверждающий наличие в ней гиперболического хаоса.

В третьей главе проводится физическая реализация двух предложенных во второй главе динамических систем в виде электронных устройств. Обоснованность выводов третьей главы подтверждается использованием для моделирования электронных схем распространенного пакета схемотехнического моделирования Multisim. Результаты исследования построенных электронных схем соответствуют теоретическим расчетам, проведенным во второй главе. Построены временные реализации напряжений, графики спектров мощности, проекции фазовых портретов систем на 2D плоскость в различных точках схемы, графики для отображения фазы.

В четвертой главе проводится построение и исследование динамической системы с гиперболическим DA-аттрактором на основе одного осциллятора, поочередно пребывающего в стадиях активности и затухания. Причем связь между различными стадиями осуществляется через цепь отрицательной обратной связи. За основу разработанной динамической системы взято логистическое дифференциальное уравнение с запаздыванием. Показано, что динамика фаз соответствует поведению на хаотическом аттракторе, близкому по структуре гиперболическому аттрактору. Генераторы хаоса, построенные на базе такой модели, будут обладать более простой технической реализацией по сравнению со схемами на связанных осцилляторах, что является приоритетным при построении технических устройств.

В целом следует сделать вывод о том, что работа является цельным законченным исследованием, выполненным на актуальную для радиофизики тему, содержащим новые результаты по динамике нелинейных систем, важные для решения широкого круга теоретических и прикладных задач радиофизики, радиоэлектроники и смежных областей. Достоверность и обоснованность результатов, полученных в диссертации, обеспечивается использованием классических методов теории нелинейных колебаний и теории бифуркаций, согласованностью теоретических выводов с результатами компьютерного моделирования и совпадением полученных результатов с отдельными результатами исследований, известными из литературы.

Полученные в диссертации выводы и результаты могут быть рекомендованы к использованию в организациях, занимающихся проблемами генерации и формирования

сигналов, связи (ИРЭ РАН, ИПФ РАН, НИУ МЭИ, МГУСИ, ННГУ и др.), а также в учебных курсах для студентов радиофизических, радиотехнических специальностей и направлений.

Результаты работы достаточно полно отражены в пяти публикациях в журналах, рекомендованных ВАК, апробированы на международной и российских конференциях.

В качестве замечания можно указать, что в работе не предпринята попытка составления принципиальной схемы хаотического генератора, построенного на базе динамической системы с запаздыванием, которая была предложена в четвертой главе. Однако считаю, что отсутствие указанного материала не разрушает целостность диссертации и не снижает общего хорошего впечатления от работы.


Представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а АРЖАНУХИНА Дарья Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 - "Радиофизика".

Официальный оппонент, кандидат технических наук, доцент кафедры Формирование и обработка радиосигналов Национального Исследовательского Университета «Московский Энергетический Институт».

Адрес: 111250, г.Москва, ул.Красноказарменная, д.14

Телефон: +7 915 311 45 24

E-Mail: handurin@mail.ru

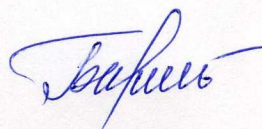
04.09.2014


(число, подпись)

Хандурин
Андрей
Владимирович

Подпись доцента Хандурин А.В. заверяю
Начальник управления кадров Национального
Исследовательского Университета «Московский
Энергетический Институт»





(число, подпись, печать)

Баранова Елена
Юрьевна